

المذكرة الدراسية للمحاضرة الثالثة:

للقراءة من أجل هذه المحاضرة: الفصل 1.2 (1.1 في الإصدار الثالث)، والفصل 1.4 (1.2 في الإصدار الثالث) مع التركيز على الصفحات 10-12 في الإصدار الرابع، والصفحات 5-7 في الإصدار الثالث.

للقراءة من أجل المحاضرة الرابعة: الفصل 1.5 (1.3 في الإصدار الثالث)؛ ازدواجية موجة / جسيم للمادة، والفصل 1.6 (1.4 في الإصدار الثالث)؛ مبدأ الارتباب.

I. (فشل) الوصف التقليدي للذرة (تتمة المحاضرة الثانية)

II. مدخل إلى الميكانيك الكمومي: ازدواجية موجة / جسيم.

III. الضوء كموجة، خصائص الأمواج.

IV. الضوء كجسيم، التأثير الكهروضوئي.

I. (فشل) الوصف التقليدي للذرة:

قانون قوى "كولوم" لوصف القوة F بين النواة والإلكترون في ذرة هيدروجين.

$$F(r) = \frac{-e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (1)$$

e: القيمة المطلقة لشحنة الإلكترون

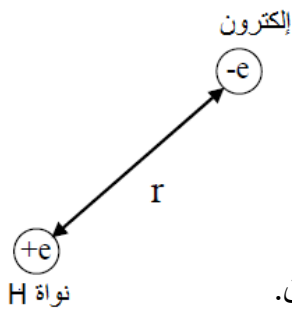
r: المسافة بين الشحنتين

ϵ_0 : ثابت سماحية الخلاء ($8.854 \times 10^{-12} \text{ C}^2\text{J}^{-1}\text{m}^{-1}$)

ليكن لدينا ذرة هيدروجين ($Z=1$) تملك إلكترونات واحداً وبروتوناً واحداً.

عندما $r \leftarrow \infty$ $F(r) =$ _____

عندما $r \leftarrow 0$ $F(r) =$ _____



كلما كان الإلكترون أقرب إلى النواة كانت قوى التجاذب أكبر بين الشحنتين.

• يعطينا قانون قوى "كولوم" القوة F كتابع لـ r.

• لا يعطينا قانون قوى "كولوم" كيف تتغير r مع _____.

هناك معادلة تقليدية للحركة تخبرنا كيف يتحرك الإلكترون والنواة تحت تأثير قوى "كولوم"، وهي قانون نيوتن الثاني:

$$F = ma$$

القوة = جداء القوة في التسارع

(2)

يمكننا إعادة كتابة F كتابع للسرعة:

$$F = m(\underline{\quad})$$

(3)

أو كتابع للمسافة:

$$F = m(d^2r / dt^2)$$

(4)

يمكننا سد العجز في قانون قوى "كولوم" من أجل F وحل المعادلة من أجل أي ابتدائي r.

إذا كان ابتدائي r يساوي 10 \AA (10^{-10} m)، وهي المسافة المثالية لذرة الهيدروجين، ويشير الحساب إلى أن:

$$t = \underline{\quad} \text{ ثانية}$$

وهذا يُنبئ بأنّ على الإلكترون أن يهبط إلى النواة خلال _____ !

ما المشكلة هنا؟

تبيّن أنّ قوانين الميكانيك التقليدية ليست كافية لهذه الدرجة.

نحتاج إلى نوع جديد من الميكانيك لوصف هذه الحالات وغيرها من الحالات "غير المستقرة".

الميكانيك الكمومي يزودنا بنظرية واحدة شاملة تفسّر سلوك المادة على مستوى نطاق حجمي ذري (نانومتر أو أصغر).

II. مدخل إلى الميكانيك الكمومي: ازدواجية موجة / جسيم:

• يظهر كلٌّ من المادة والإشعاع خصائص _____ وخصائص شبيهة بخصائص الجسيمات.

• يتألّف الضوء من حزم منفصلة من الطاقة (تسمى فوتونات).

سنترك بنية الذرة جانباً قليلاً (إلى المحاضرة الخامسة) لمناقشة هاتين الملاحظتين المهمتين لفهم الذرة.

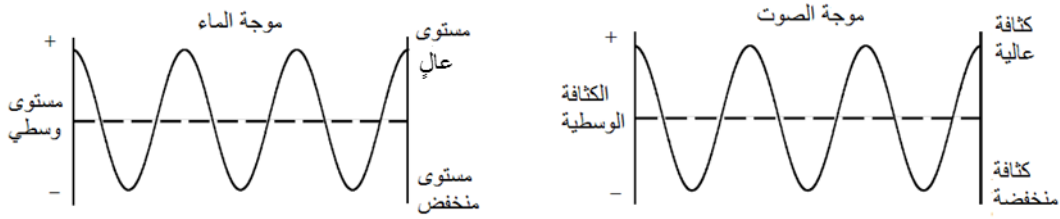
ازدواجية موجة / جسيم للمادة والإشعاع:

بين عامي 1887 و 1927 بيّنت التجارب أنّ الحدود بين الأمواج والجسيمات ليست شديدة.

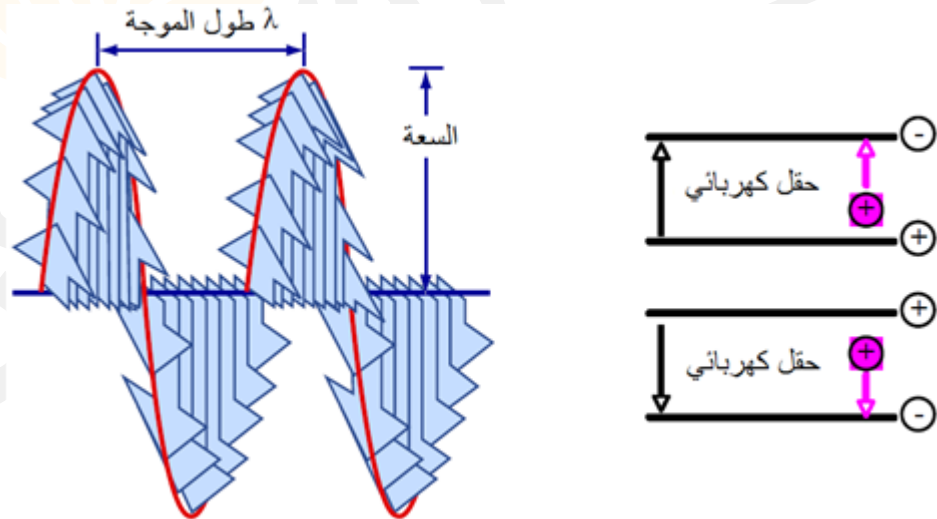
III. الضوء موجة، خصائص الأمواج:

سنبدأ بوصف بعض الخصائص العامّة للأمواج، ويشمل ذلك أمواج الماء وأمواج الصوت وأمواج الضوء (أمواج كهرومغناطيسية أو EM).

تمتلك الأمواج تغيّرات دورية لبعض الكميات.



المطال/السعة: هو الانحراف عن المستوى الوسطي (يمكن للسعة أن تملك قيمة موجبة أو سالبة).
الضوء (إشعاع) هو التغيّر الدوري لحقل كهربائي (وحقل مغناطيسي مُعامد).



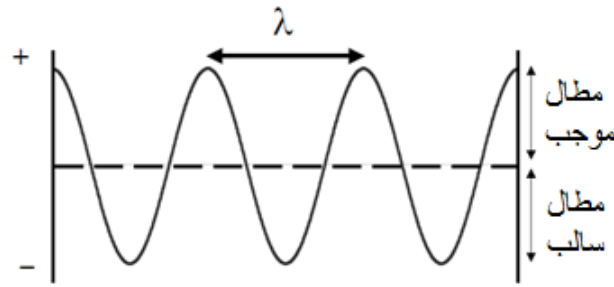
الحقل الكهربائي هو حقل القوّة الذي تعمل قوى "كولوم" خلاله.

يمكننا تحديد خصائص موجة كهرومغناطيسية من ناحية:

المطال (a): الانحراف عن المستوى الوسطي.

طول الموجة (λ): بين القمم الأعظمية المتتالية أو القمم الأصغرية المتتالية.

التردد (ν): عدد _____ في وحدة الزمن.



يمكننا أيضاً أن نحدّد خصائص الإشعاع الكهرطيسي باستخدام وصف رياضي كامل للموجة:

$$E(x, t) = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$E = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$x = \underline{\hspace{2cm}}$$

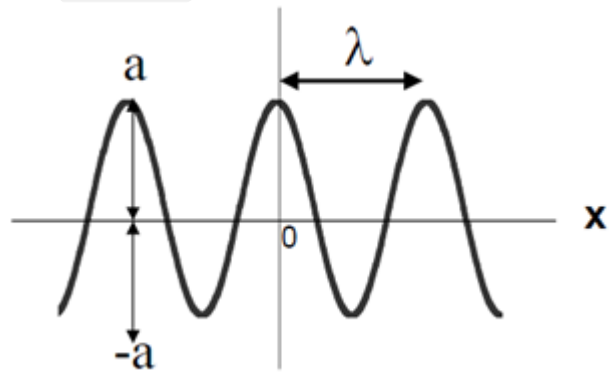
$$t = \underline{\hspace{2cm}}$$

الموجة الكهرطيسية هي تابع لمتغيرين x و t . لتتصور ذلك نثبت ثابتاً متغيراً واحداً ونرسم خطه البياني كتابع للمتغير الثاني. (إذاً سنرسم الخط البياني للموجة عند زمن محدد كتابع للموضع، أو عند موضع محدد كتابع للزمن).

أولاً سندرس الموجة الكهرطيسية عند زمن محدد.

عند $t = 0$

$$E(x, 0) = a \cos[2\pi x/\lambda] \quad (5)$$



a : المطال الأعظمي

λ : طول الموجة (مأخوذاً بوحدة الطول)

$a = E(x, 0)$ (القيمة الأعظمية)، عندما تكون $x = \underline{\hspace{2cm}}$

ملاحظة: في أي مرة نشاهد فيها معادلة موجة فسنعرف ألياً مطالها a . وسنعرف أيضاً شدتها الأعظمية:

الشدة = _____

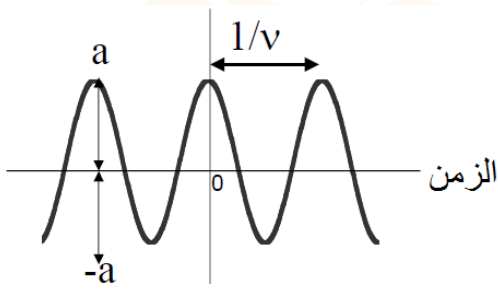
يمكننا أيضاً وصف الموجة الكهرومغناطيسية عند موضع ثابت.

عند $x=0$

$$E(0, t) = \text{_____} \quad (6)$$

a = المطال الأعظمي

$1/v$ = الدور = الزمن اللازم لحدوث دورة واحدة



- $a = E(0, t)$ (قيمه الأعظمية) عندما تكون $t = -3/v, -2/v, -1/v, 0, 1/v, 2/v, 3/v \dots$
- واحدة التردد (v): دورة في الثانية = _____

يمكننا حساب سرعة الموجة:

$$\text{السرعة} = \frac{\text{المسافة المقطوعة}}{\text{الزمن المنقضي}} = \text{_____} = \text{_____}$$

يملك الإشعاع الكهرومغناطيسي سرعة ثابتة c (سرعة الضوء).

$$\lambda v = c = 2.9979 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

لأي طول موجة ضوء يكون ناتج $\lambda * v$ دائماً c .

λ و ν ليسا مستقلين عن بعضهما البعض. إذا علمت λ يمكنك حساب ν . وإذا علمت ν فيمكنك حساب λ . يتحدّد لون الأمواج الكهرطيسية تبعاً لأطوال أمواجها:

الأحمر يملك أطول λ	$\sim 650 \text{ nm}$ ($6.5 \times 10^{-7} \text{ m}$)	وأقل تردد ν	$4.6 \times 10^{14} \text{ Hz}$
الأصفر	$\sim 580 \text{ nm}$ ($5.8 \times 10^{-7} \text{ m}$)		$5.2 \times 10^{14} \text{ Hz}$
الأخضر	$\sim 520 \text{ nm}$ ($5.2 \times 10^{-7} \text{ m}$)		$5.8 \times 10^{14} \text{ Hz}$
الأزرق يملك أقصر λ	$\sim 460 \text{ nm}$ ($4.6 \times 10^{-7} \text{ m}$)	وأعلى تردد ν	$6.5 \times 10^{14} \text{ Hz}$

الضوء المرئي هو جزء صغير من كامل الطيف الكهرطيسي:

أمواج الراديو $\lambda = 1 \text{ m} - 10^8 \text{ m}$

الموجات الميكروية $\lambda = 10^{-3} \text{ m} - 1 \text{ m}$

الأشعة تحت الحمراء $\lambda = 10^{-6} \text{ m} - 10^{-3} \text{ m}$

الأشعة المرئية $\lambda = 10^{-7} \text{ m} - 10^{-6} \text{ m}$

الأشعة فوق البنفسجية $\lambda = 10^{-8} \text{ m} - 10^{-7} \text{ m}$

أشعة X $\lambda = 10^{-11} \text{ m} - 10^{-9} \text{ m}$

أشعة غاما $\lambda < 10^{-11} \text{ m}$

لا يُطلب منك معرفة مجالات أطوال أمواج محددة أو التردد، ولكن ينبغي لك معرفة ترتيب الألوان بالنسبة لبعضها البعض وكذلك ترتيب أنماط الموجات بالنسبة لبعضها البعض.

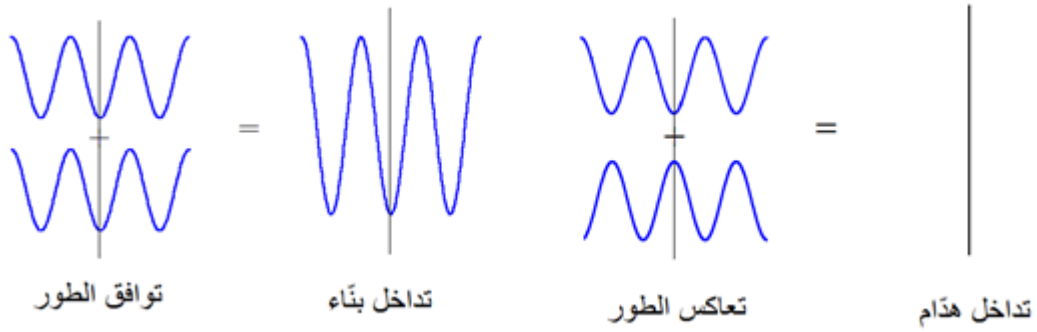
مثال لبحث في الكيمياء في جامعة MIT:

يتضمّن البحث في مختبر "باوندي" تصنيع النقاط الكمومية وتطبيقها، وهي بلورات نصف ناقلة قطرها أصغر من 10 نانومتر. النقاط الكمومية المحفّزة بوساطة الأشعة فوق البنفسجية (UV) تصدر ضوءاً ذا لون محدد يتناسب مع حجم النقطة الكمومية ومادتها. النقاط الأصغر تصدر ضوءاً أكثر زرقة (ذا تردد أعلى) والنقاط الأكبر تصدر ضوءاً أكثر حمرة (ذا تردد أقل). تستخدم النقاط الكمومية وتصميمها لعدد متزايد من التطبيقات الحيوية وأجهزة الاستشعار.

موقع مختبر أبحاث "باوندي": <http://nanocluster.mit.edu/research.php>

مقابلة تقنية مع البروفسور "باوندي": <http://www-tech.mit.edu/V128/N35/bawendi.html>

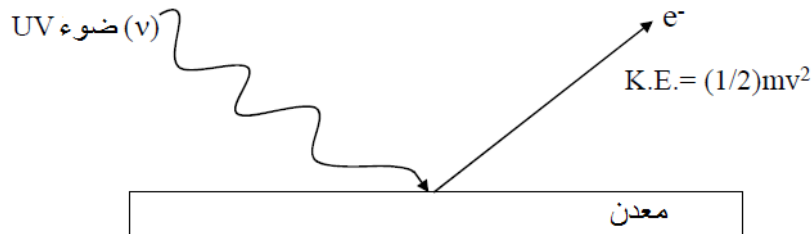
تملك الأمواج خاصية التراكم



IV. الضوء جسيم:

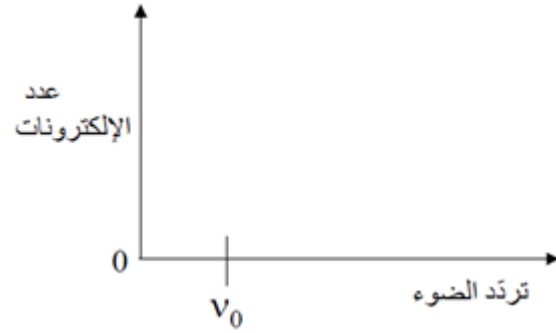
التأثير الكهروضوئي:

يمكن لشعاع ضوئي أن ينتزع إلكترونات عند اصطدامه بسطح معدني.



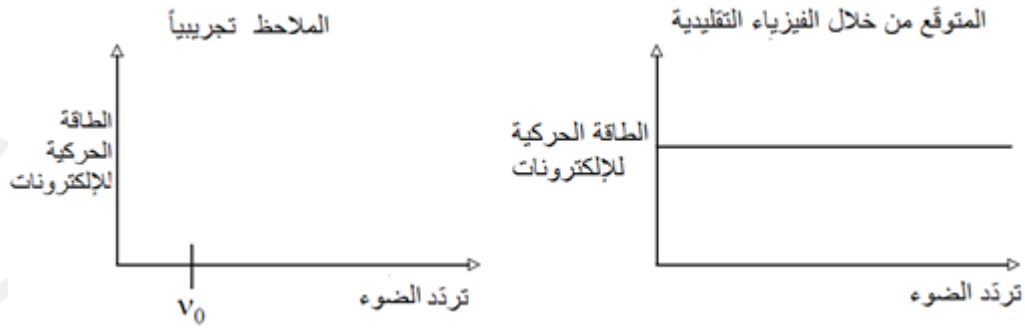
يجب أن يكون تردد الضوء الوارد ν مساوياً لبعض عتبات التردد ν_0 لانتزاع إلكترونات. تعتمد قيم ν_0 على هوية المعدن.

عند ثبات الشدة فلا يؤثر تردد الضوء في عدد الإلكترونات المنتزعة طالما بقي التردد أعلى من ν_0 . (إذا كان أدنى من ν_0 فليس هناك إلكترونات منتزعة).

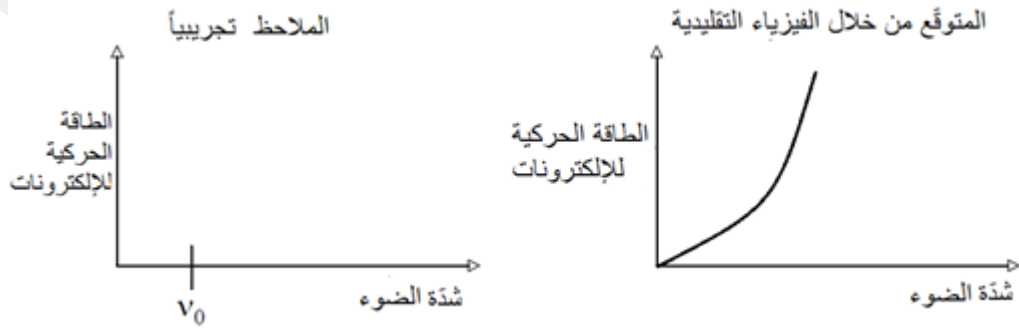


اكتشفت الملاحظة الآتية (مفاجئة جداً):

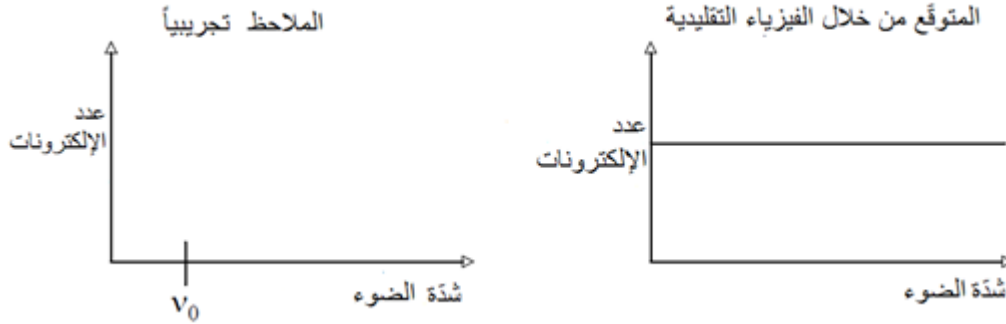
قيست الطاقة الحركية K.E للإلكترونات المنتزعة كتابع لتردد الضوء الوارد:



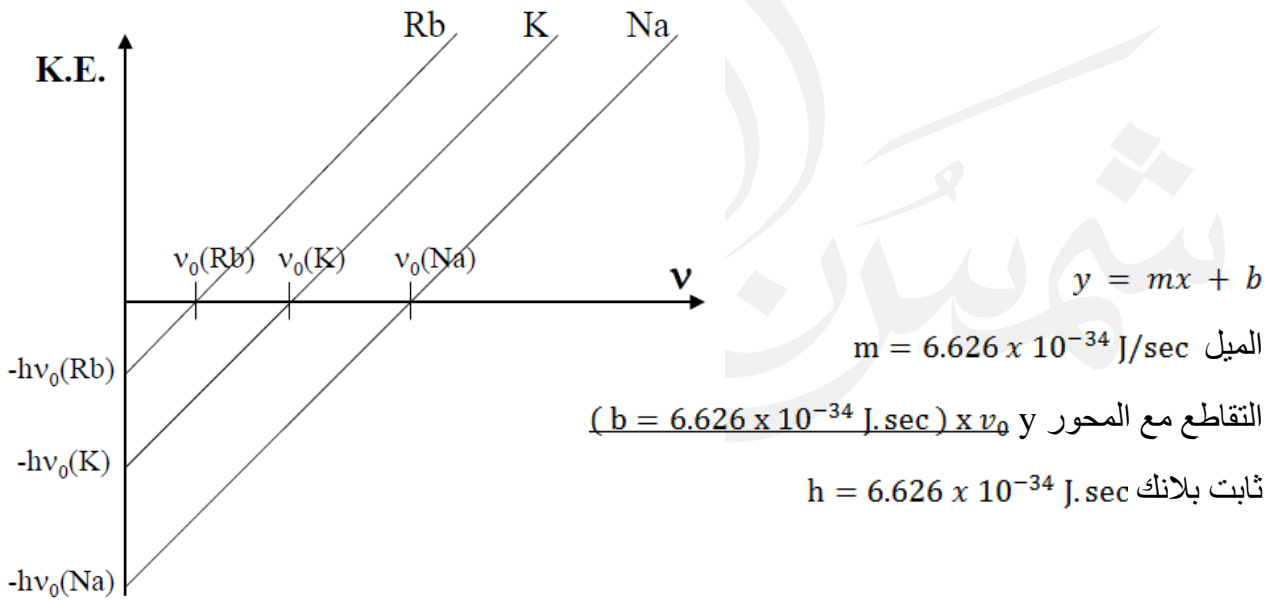
قيست الطاقة الحركية K.E للإلكترونات المنتزعة كتابع لشدة الضوء الوارد:



قيس عدد الإلكترونات المنتزعة كتابع لشدة الضوء الوارد:



هذه البيانات معاكسة تماماً لتوقعات الميكانيك التقليدي. عام 1905 حلل "أينشتاين" الخطوط البيانية للطاقة الحركية كتابع للتردد لمعادن مختلفة ووجد أن جميع البيانات تتناسب مع خط بياني مستقيم.



تمكّن "أينشتاين" من إعادة كتابة المعادلة الخطية كما يأتي:

$$y = mx + b$$

$$\text{K.E} = \text{_____} - \text{_____}$$

$$E_i = \text{طاقة الضوء الوارد} = h\nu$$

افترض "أينشتاين" عام 1905:

(1) طاقة الفوتون متناسبة مع تردده !!

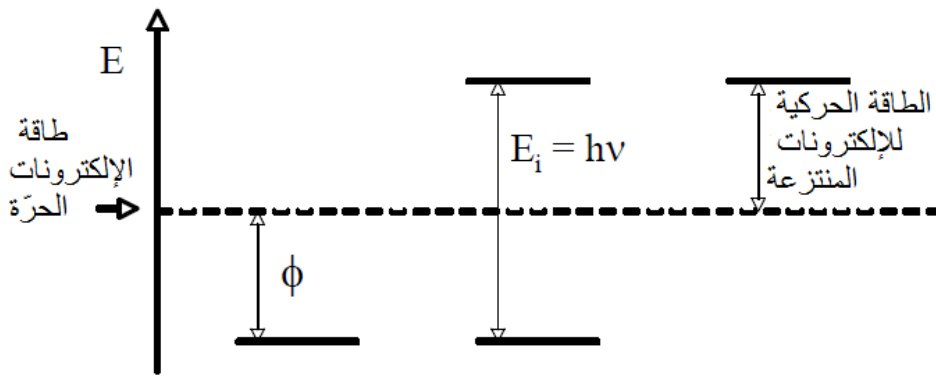
$$E = hv \quad (6)$$

(2) يتألف الضوء من "حزم" من الطاقة تسمى "الفوتونات".

مما يعطينا نموذجاً جديداً للتأثير الكهروضوئي:

$$hv = E_i = \text{طاقة الفوتون الوارد}$$

$$hv_0 = \text{الطاقة اللازمة لانتزاع إلكترون من سطح المعدن} = \phi$$



يمكننا توصيف ذلك رياضياً:

$$K.E = \text{أو} E_i = \text{_____}$$

$$(K.E = hv - hv_0 \text{ للمعادلة})$$